

In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful



Copyright disclaimer

"La faculté" is a website that collects medical documents written by Algerian assistant professors, professors or any other health practicals and teachers from the same field.

Some articles are subject to the author's copyrights.

Our team does not own copyrights for the most content we publish.

"La faculté" team tries to get a permission to publish any content; however, we are not able to be in contact with all authors.

If you are the author or copyrights owner of any kind of content on our website, please contact us on: facadm16@gmail.com to settle the situation.

All users must know that "La faculté" team cannot be responsible anyway of any violation of the authors' copyrights.

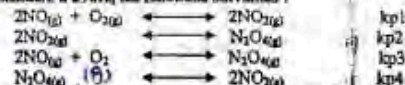
Any lucrative use without permission of the copyrights' owner may expose the user to legal follow-up.



II - Equilibres chimiques (N=6)

Exercice 1:

On considère à 298K, les réactions suivantes :



- Donner l'expression des constantes d'équilibre : k_{p1} , k_{p2} , k_{p3} .
- Exprimer k_{p3} en fonction de k_{p1} et k_{p2} .
- Sachant que $k_{p4} = 0,14$; en déduire la valeur de k_{p2} .

Exercice 2:

Soit l'équilibre suivant :

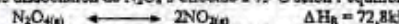


Etant réalisé dans une enceinte de volume constant, on constate que lorsque l'équilibre s'est établi, la température est de 817°C et la pression totale d'une atmosphère. On part initialement d'une mole de CO_2 et d'un excès de carbone. Si $x = 0,8$ représente le nombre de moles de CO_2 ayant réagi, on demande de calculer :

- Le nombre total de moles gazeuses présentes à l'équilibre.
- Les pressions partielles de chaque gaz à l'équilibre.
- La constante d'équilibre k_p à 817°C. K_c, K_c

Exercice 3:

La réaction de dissociation de N_2O_4 s'effectue à 45°C selon l'équilibre homogène suivant :



On introduit $3,10^{-2}$ moles de $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ dans un récipient de 0,5 litres. Lorsque l'équilibre est atteint la pression dans le récipient est de 0,25 atm.

- Compléter le tableau suivant :

Composés	N_2O_4	NO_2
T = 0		
T équilibre		
Fraction molaire X_i		

- Calculer le coefficient de dissociation de N_2O_4 .
- Donner l'expression de k_p . Calculer k_p et k_c à 45°C.
- Calculer k_p à 21°C. Ce résultat était-il prévisible ? Justifier.
 N_2O_4 est-elle favorisée ? Justifier.

Exercice 4:

On réalise la réaction en phase gazeuse dans une enceinte de volume 10 litres à $T = 1227^\circ\text{C}$:



La quantité initiale d'eau est de 5,8 mole elle devient égale à 2 moles à l'équilibre.

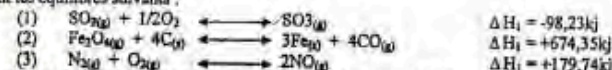
- Quelle est la composition du mélange à l'équilibre ?
- Déterminer le coefficient de dissociation α de H_2O et le pourcentage de H_2O dissocié à cette température.
- Calculer la pression totale dans l'enceinte à l'équilibre, la constante d'équilibre k_p ainsi que la variation d'enthalpie libre à 1227°C.
- Déterminer k_c en fonction du volume du récipient.

- Dans quel sens va se déplacer l'équilibre si :

- On augmente la pression.
 - On diminue la concentration de O_2 .
 - On augmente la concentration H_2O .
- Donnée $R = 0,082 \text{ atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

Exercice 5:

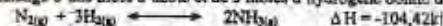
Soient les équilibres suivants :



- Quelle est l'influence d'une augmentation de température sur les trois équilibres ci-dessus ?
- Quelle est l'influence d'une augmentation de pression sur les trois équilibres ci-dessus ?
- Dans quel sens se déplace l'équilibre (4) lorsqu'on augmente la concentration en chlore ?
(4) $4\text{HCl}_{(g)} + 1/2\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- Dans quel sens se déplace l'équilibre (5) quand on diminue la concentration en oxygène ?
(5) $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$

Exercice 6:

Un mélange d'une mole d'azote et de 3 moles d'hydrogène donne de l'ammoniac :



L'analyse des gaz donne les résultats suivants :

A	T = 350°C	$P_{\text{N}_2}(\text{en atm})$	10	50.
		$P_{\text{NH}_3}(\text{en atm})$	3,35%	25,11%
A	T = 450°C	$P_{\text{N}_2}(\text{en atm})$	10	50
		$P_{\text{NH}_3}(\text{en atm})$	2,04%	9,17

- Pour une température donnée, le % de NH_3 dans le mélange augmente avec la pression. Ce résultat était-il prévisible ? Expliquer.
- Pour une pression donnée, le % de NH_3 dans le mélange diminue avec la température. Ce résultat était-il prévisible ? Expliquer.
- Calculer k_p , k_c (pour $P_r = 10 \text{ atm}$) à $T = 350^\circ\text{C}$.

Exercice 7:

On réalise à volume constant et à 25°C l'équilibre suivant :



- Calculer k_p à 25°C.
- Calculer la pression totale ainsi que les pressions partielles à l'équilibre à 25°C.
- Comment évolue l'équilibre lorsque l'on introduit dans le mélange à l'équilibre :
a. Du $\text{CO}_{2(g)}$
b. Du $\text{NH}_2\text{COONH}_{4(s)}$
- Sachant qu'à température T' on a $P_{\text{eq}}(T') = 10.P_{\text{eq}}(25^\circ\text{C})$
a. Calculer P'_{NH_3} , P'_{CO_2} , k_p' et $\Delta G'_R$ à T' ?
b. T' est-elle plus petite ou plus grande que T ? Justifier (sachant que $\Delta H_R^\circ = \text{constante}$)

Données à 25°C

	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{NH}_{3(g)}$	$\text{NH}_2\text{COONH}_{4(s)}$
$\Delta H_f^\circ (\text{Kcal/mol})$	-94,50	-11,04	-154,21
$S^\circ (\text{cal/mol.K})$	51,06	46,01	39,70

Correction du 2^e exercice (Equilibres chimiques): (Imad Rabia)

	$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$			$V = \text{cte}$ $T = 1090 K$ $P = 1 \text{ atm}$
$t = 0$	en excès	$n_0 = 1$	0	
$t = t_{\text{equ}}$	en excès	$n_0 - x = 0,2$	$2x = 1,6$	(i) $N_T = n_0 + x = 1,8 \text{ mol}$

$$2) P_{CO_2} = \frac{0,2}{1,8} \times 1 = 0,11 \text{ atm}$$

$$P_{CO} = \frac{1,6}{1,8} \times 1 = 0,88 \text{ atm}$$

$$3) K_p = \frac{(P_{CO})^2}{P_{CO_2}} = \frac{(0,88)^2}{0,11} = 7,11$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{7,11}{(0,082 \times 1090)^{2-1}} = 0,079$$

$$P \cdot V_T = N_T \cdot RT \Rightarrow V_T = \frac{N_T \cdot RT}{P} = \frac{1,8 \times 0,082 \times 1090}{1} = 160,82$$

Equilibre chimique (suite)

EXERC:

3) L'expression de K_p à 415°C

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{\alpha_{\text{NO}_2}^2 \cdot P_T^2}{\alpha_{\text{N}_2\text{O}_4} \cdot P_T}$$

$$K_p = \frac{(0,75)^2}{0,25} \times 0,25 = 56,25 \times 10^{-2}$$

$$\Delta n = 1$$

$$K_c = \frac{K_p}{RT} = \frac{56,25 \times 10^{-2}}{0,082 \times 318} = 21,57 \times 10^{-3}$$

K_p à 21°C :

loi de Van taff

$$\ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}} = -\frac{\Delta H_R}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

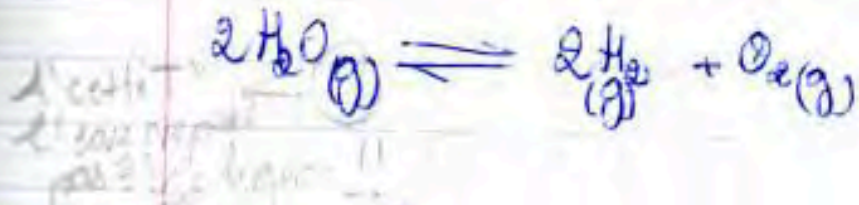
$$K_{p2} = K_{p1} \exp \left[-\frac{\Delta H_R}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right]$$

$$K_{p2} = 56,25 \times 10^{-2} \exp \left[-\frac{72,16}{8,314 \times 10^{-3}} \left(\frac{1}{294} - \frac{1}{318} \right) \right]$$

$$K_{p2} = 6 \times 10^{-2}$$

en l'absence de K_p $K_p < K_p \Rightarrow$ sens \Rightarrow favorise
la formation de N_2O_4 ($\Delta H < 0$ et T)

Exo (21) $V_T = 10L$; $T = 1227^\circ C = 1500K$



$t=0$ 5,8 mole 0 0

$t \rightarrow \infty$

t_{eq} 5,8 - 2x = 2 moles 2x x

↓
reste

Donc la composition du mélange à l'équilibre

$$x = \frac{5,8 - 2}{2} = 1,9 \text{ moles}$$

$$n_{H_2} = 2x = 3,8 \text{ moles}$$

$$n_{O_2} = x = 1,9 \text{ moles}$$

2) Déterminer "α" de H_2O

$$\alpha = \frac{2,5}{5,8} = \frac{3,8}{5,8} = 0,65$$

- Le pourcentage de H_2O dissocié à cette T_2 :

$$\% H_2O = 0,65 \times 100 = 65\%$$

3) La pression totale dans l'enceinte à l'équilibre:

$$R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K}, n_T = 5,8 + \alpha = 7,7 \text{ moles}$$

$$P_T = \frac{n_T R T}{V_T} = \frac{7,7 \times 0,082 \times 1500}{10}$$

$$P_T = 94,71 \text{ atm}$$

- le calcul de K_p :

$$K_p = \frac{P_{H_2}^2 \cdot P_{O_2}}{P_{H_2O}^2} = \frac{n_{H_2}^2 \cdot P_T^2 \cdot n_{O_2} \cdot P_T \cdot n_T^2}{n_T^2 \cdot n_T \cdot n_{H_2O}^2 \cdot P_T^2}$$

$$K_p = \frac{n_{H_2}^2 \cdot n_{O_2} \cdot P_T}{n_{H_2O}^2 \cdot n_T} = \frac{(3,8)^2 \times 1,9 \times 94,71}{(2)^2 \times 7,7}$$

$$K_p = 84,36$$

- la variatⁿ d'enthalpie libre à cette Tⁿ

$$\Delta G_R^{1227} = -RT \ln K_p$$

$$\Delta G_R^{1227} = -8,32 \times 10^{-3} \times 1500 \ln (84,36)$$

$$\Delta G_R^{1227} = -55,35 \text{ kJ/mole}$$

4. Déterminer K_c en fonction du volume du récipient.

$$K_c = f(V)$$

$$K_c = \frac{[H_2]^2 \cdot [O_2]}{[H_2O]^2} = \frac{n_{H_2}^2 \times n_{O_2} \times V^0}{V^2 \times V \times n_{H_2O}^2}$$

$$K_c = a \times \frac{1}{V}$$

$$a = \frac{n_{H_2}^2 \times n_{O_2}}{n_{H_2O}^2} = \frac{3,8^2 \times 1,9}{2^2} = 6,86$$

Donc: $K_c = \frac{6,86}{V} = 0,686$

5) le sens de déplacement de l'équilibre:

(a) - Si on augmente la pression:

Selon la loi de Le Chatelier: $P \uparrow \Rightarrow l' \rightleftharpoons$ évolue dans le sens de la \downarrow de Nbr de mole à l'état gazeux.
 \Rightarrow c'est le sens (2).

(b) - Si on \downarrow $[O_2]$:
 l'équilibre évolue dans le sens de formation de O_2
 \Rightarrow c'est le sens (1)

(c) - Si on \uparrow $[H_2O]$:
 l'équilibre évolue dans le sens de \downarrow de H_2O
 \Rightarrow c'est le sens (1).

Exo (5): 1

$\Delta_{\text{act}} = (1)$ $\Delta H < 0$; $T \uparrow \Rightarrow$ sens (2)

$\Delta_r = (2)$ $\Delta H > 0$; $T \uparrow \Rightarrow$ sens (2)

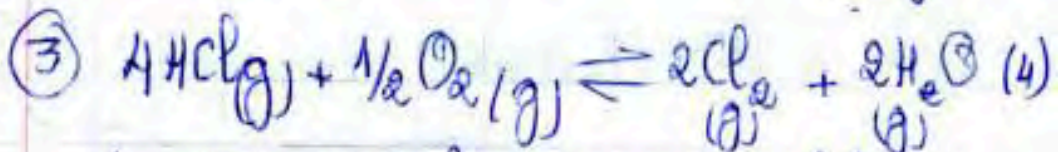
$\Delta_r = (3)$ $\Delta H > 0$; $T \uparrow \Rightarrow$ sens (1)

② influence de P_1 de P_2

$X_1 = 1$: $P(1)$; $\Delta n = -\frac{1}{2} \Rightarrow$ Sens ①

$X_2 = 2$: $P(1)$; $\Delta n = 0 \Rightarrow$ Sens ②

$X_3 = 5$: $P(1)$; $\Delta n = 0 \Rightarrow$ pas d'influence



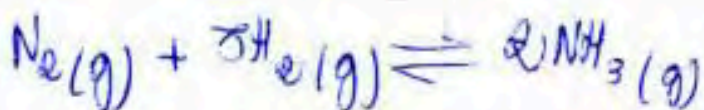
- le sens de déplacement de l'équilibre (4)
lorsqu'on augmente la concentration en chlorure
Sens ② \Rightarrow pour consommer l'excès.

④ - Sens ② \Rightarrow pour récupérer la perte.

Exo ⑥

$n_{\text{N}_2} = 1 \text{ mole}$; $n_{\text{H}_2} = 3 \text{ moles}$

$\Delta H = -104,4 \text{ kJ}$



1. Interprétation des données:

- A' T donnée $\Rightarrow P \uparrow \Rightarrow \% \text{ NH}_3 \uparrow$
 - A' P donnée $\Rightarrow T \uparrow \Rightarrow \% \text{ NH}_3 \downarrow$
- Réponse de la qst:

* A' T donnée:

$$\left. \begin{array}{l} P \uparrow \\ \Delta n = -2 \end{array} \right\} \text{sens } \uparrow \Rightarrow \% \text{ NH}_3 \uparrow$$

2. A' une P donnée:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta H < 0 \\ T \uparrow \end{array} \right\} \text{sens } \downarrow$$

3. le calcul de K_p et K_c =
pour: $P_T = 10 \text{ atm} / T = 550^\circ\text{C}$

$$P_{\text{NH}_3} = x_{\text{NH}_3} \cdot P_T$$

$$P_{\% \text{ NH}_3} = 7,35\% \cdot P_T$$

donc: $P_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_T} P_T$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{2x}{4-2x} \times P_T \dots (*)$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{7,35 \times 10}{106} = 0,735 \text{ atm.}$$

$$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3}$$

$$K_p = \frac{x_{NH_3}^2 \times P_T^2}{x_{N_2} P_T \times x_{H_2}^3 P_T^3}$$

$$K_p = \frac{(2x)^2 \cdot n_T \cdot n_T^3 \cdot 1}{n_T^2 \cdot (1-x)(3-3x)^3 P_T^2}$$

$$K_p = \frac{4x^2 \cdot n_T^2}{3(1-x) \cancel{n_T^3} P_T^2}$$

$$K_p = \frac{4x^2 (4-2x)^2 \cdot 1}{27 (1-x)^4 \times P_T^2}$$

De ① on déduit la valeur de "x":

$$x = 13,69 \times 10^{-2} \text{ moles}$$

On remplace la valeur de x dans K_p :

$$K_p =$$

Exo ② =

A l'équilibre:



$$K_p = P_{\text{NH}_2} \cdot P_{\text{CO}_2}$$

$$\textcircled{1} K_p = ? \quad \Delta G_R = -RT \ln K_p$$

$$\Rightarrow K_p = \exp\left(\frac{-\Delta G_R}{RT}\right)$$

$$\Delta G_R = \Delta H_R - T \Delta S_R$$

$$\Delta H_R = \Delta H_f^{\circ} \text{CO}_2 + 2\Delta H_f^{\circ} \text{NH}_3 - \Delta H_f^{\circ}(s)$$

$$\Delta H_R = 57,65 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S_R = \Delta S_f^{\circ} \text{CO}_2 + 2\Delta S_f^{\circ} \text{NH}_3 - \Delta S_f^{\circ}(s)$$

$$\Delta S_R = 103,58 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G_R = \Delta H_R - T \Delta S_R$$

$$\Delta G_R = 57,65 - 298 (103,58 \times 10^{-3})$$

$$\Delta G_R = 6,82 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow K_p = 1,07 \times 10^{-5}$$

② P_T et P_i ?

$$K_p = P_{\text{NH}_3}^2 \cdot P_{\text{CO}_2} = (2P_x)^2 \cdot P_x$$

$$K_p = 4P_x^3 \Rightarrow P_x = \left(\frac{K_p}{4}\right)^{1/3}$$

$$P_x = P_{\text{CO}_2} = \left(\frac{1,07 \times 10^{-5}}{4}\right)^{1/3}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 0,015 \text{ atm} ; P_{\text{NH}_3} = P_{\text{CO}_2} = 0,015 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{NH}_3} = 3P_x = 0,039 \text{ atm.}$$

③ a/ Du CO_2 :

$[\text{CO}_2] \uparrow \Rightarrow$ sens \rightarrow .

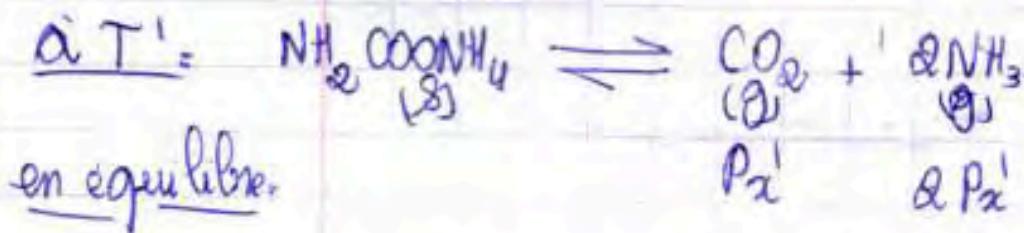
b/ Du $\text{NH}_2\text{COONH}_4$:

$[\text{NH}_2\text{COONH}_4] \uparrow \Rightarrow$ n'agit pas sur l'équilibre

① (solide) \rightarrow n'agit pas !

②. Sachant ^{qu'} à T' on a a_z
 $P_{eq}(T') = 10. P_{eq}(25^\circ C)$

③. calcul de P'_{NH_3} , P'_{CO_2} et K_p' et ΔG_R° à T'



$$P'_T = P'_{CO_2} + P'_{NH_3} = P'_x + 2P'_x = 10 \text{ Pt}$$

$$P'_{CO_2} = P'_x = \frac{10 \text{ Pt}}{3} = \frac{10 \times 0,039}{3} = 0,13 \text{ atm}$$

$$P'_{NH_3} = 2P'_x = 0,26 \text{ atm}$$

$$K_p' = P'_{CO_2} \cdot P'^2_{NH_3} = (0,13) \times (0,26)^2 = 8,78 \times 10^{-3}$$

$$K_p' = 8,78 \times 10^{-3}$$

$$\Delta G_R' = -RT' \ln K_p'$$

Déduire T'

$$\ln \frac{K_p'}{K_p} = \frac{+\Delta H_R}{R} \left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right)$$

$$\frac{1}{T'} = \frac{+\Delta H_R}{R \ln \frac{K_p'}{K_p}} + \frac{1}{T} = \frac{+2 \times 10^{-3} \ln \frac{8,78 \times 10^{-3}}{1,07 \times 10^{-5}}}{87,63} + \frac{1}{298}$$

Donc: $T = 354,44 \text{ K}$

~~(a)~~ $\Delta G_R' = -RT' \ln K_p'$

Donc: $\Delta G_R' = 5,16 \text{ Kcal/mol}$

(b) $T' > T$
Justification: